

BAB III

ANALISA PERHITUNGAN

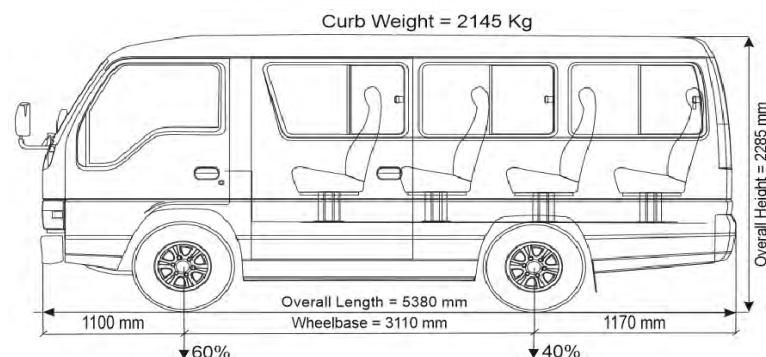
3.1. Titik Beban Kendaraan

Kendaraan yang digunakan didalam perancangan harus sesuai dengan batasan masalah yang dibuat, oleh sebab itu untuk menunjang hasil dari analisa perhitungan penulis merekomendasikan kendaraan dari perusahaan Toyota-Astra Indonesia. Jenis merk kendaraan yang digunakan didalam perancangan yaitu Toyota Hiace Advanced Luxury, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1. Spesifikasi Toyota Hiace

SPESIFIKASI TOYOTA HIACE ADVANCED LUXURY		
Overall Length	5380	mm
Overall Width	1880	mm
Overall Height	2285	mm
Wheelbase	3110	mm
Ground Clearance	180	mm
Turning Radius	6200	mm
Curb Weight	2145	Kg
Weight Distribution %		
Front	60%	
Rear	40%	
Tires Size	225/70 R17 Steel	

Sumber: toyota.astra.co.id



Gambar 3.1. Dimensi Toyota Hiace

3.1.1. Center Of Gravity

Untuk menghitung titik beban terpusat sebuah kendaraan (*center of gravity*), jari-jari roda harus diketahui terlebih dahulu karena akan berpengaruh pada ketinggian mobil dari lintasan. Spesifikasi roda depan dan roda belakang dapat dilihat dengan kode 225/70 17 Steel, angka 225 merupakan lebar tapak ban, angka 70 mengartikan tinggi ban tersebut adalah 70% dari lebar tapak ban, sedangkan R17 menunjukkan diameter velg (R_{Vlg}) dalam satuan inch.

Jari-jari velg:

$$R_{Vlg} = 17'' \text{ inch} = 43,18 \text{ cm} = 0,4318 \text{ m}$$

$$r_{Vlg} = \frac{1}{2} R_{Vlg} = 0,4318 \text{ m} / 2 = 0,2159 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi ban} = 70\% \times 225 \text{ mm} = 157,5 \text{ mm} = 0,1575 \text{ m}$$

Diameter total roda (R_{Roda}) :

$$R_{Roda} = r_{Roda} + \text{tinggi ban}$$

$$R_{Roda} = 0,2159 \text{ m} + 0,1575 \text{ m} = 0,37 \text{ m}$$

Gaya yang diterima pada masing-masing roda (*weight distribution*) yang ditunjukkan yaitu 60% pada roda depan dan 40% pada roda belakang dari keseluruhan berat mobil.

Persamaan untuk beban yang ditanggung roda depan mobil ($F_{z,f}$) dan roda belakang ($F_{z,r}$) mobil menurut jurnal “ *Center of Gravity and Steering Dynamics of a Vehicle*, Universitas Indonesia tahun 2012 yaitu:

$$F_{z,f} = \frac{1}{2} m \cdot g \frac{b}{l} \quad (\text{pers. 3.1})$$

$$F_{z,r} = \frac{1}{2} m \cdot g \frac{a}{l} \quad (\text{pers. 3.2})$$

Dimana :

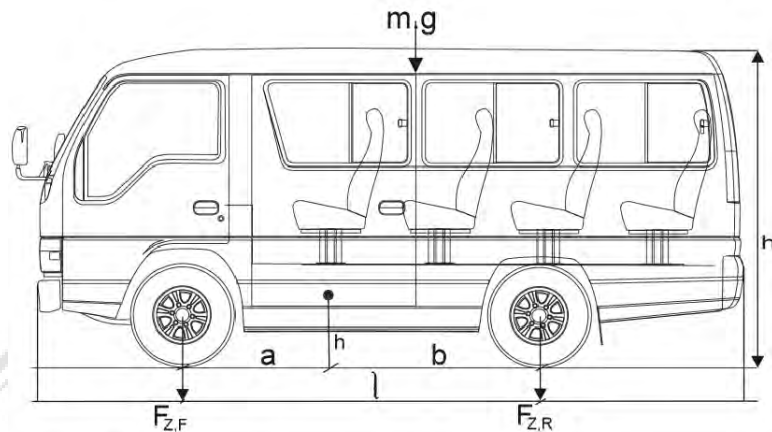
m = Massa kendaraan

g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

a = Jarak dari titik beban terpusat dengan poros roda depan

b = Jarak dari titik beban terpusat dengan poros roda belakang

l = Jarak dari poros roda depan dengan poros roda belakang



Gambar 3.2. Jarak a dan b *Center of Gravity*

Gaya normal reaksi yang ditanggung oleh roda depan, dimana nilai ($F_{z,f}$) telah diketahui dari perhitungan weight distribution, yaitu 60% dari keseluruhan berat mobil.

$$(F_{z,f}) = 60\% \times m$$

$$(F_{z,f}) = 60\% \times 2145 \text{ Kg}$$

$$(F_{z,f}) = 1287 \text{ Kg}$$

Gaya normal reaksi yang ditanggung oleh roda belakang, dimana nilai ($F_{z,r}$) telah diketahui dari perhitungan weight distribution, yaitu 40% dari keseluruhan berat mobil.

$$(F_{z,r}) = 40\% \times m$$

$$(F_{z,r}) = 40\% \times 2145 \text{ Kg}$$

$$(F_{z,r}) = 858 \text{ Kg}$$

Dari persamaan (3.1) dan (3.2) dapat diperoleh jarak antara center of gravity kendaraan dengan poros roda depan (a) sebagai berikut:

$$a = 2 \times \frac{l F_{z,r}}{m \cdot g}$$

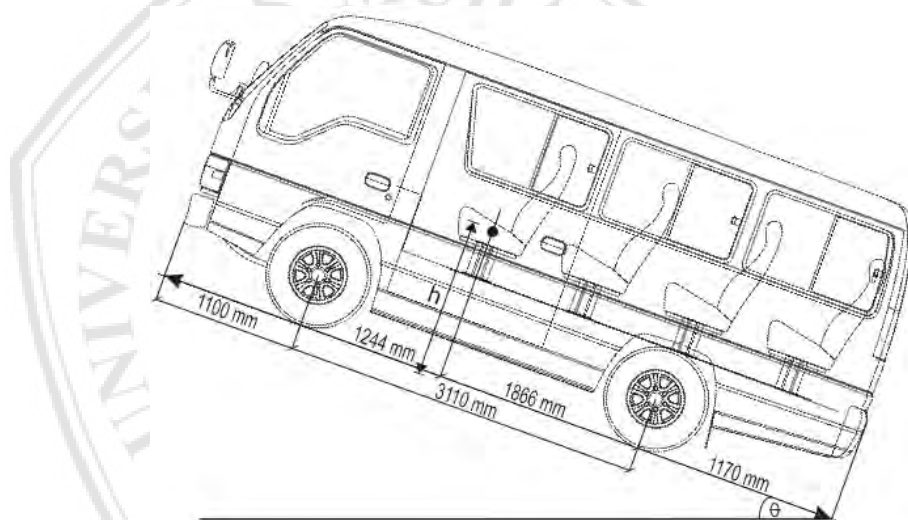
$$a = 2 \times \frac{3,11 \times 858}{2145 \times 9,81} = 1,244 \text{ m}$$

Sedangkan, jarak antara center of gravity kendaraan dengan poros roda belakang (b) sebagai berikut:

$$b = 2 \times \frac{l F_{z,f}}{m \cdot g}$$

$$b = 2 \times \frac{3,11 \times 1287}{2145 \times 9,81} = 1,866 \text{ m}$$

setelah menemukan titik beban terpusat (center of gravity) langkah selanjutnya mencari ketinggian dari beban terpusat (h) yaitu dengan cara berikut:



Gambar 3.3. Posisi Kendaraan Dalam Bidang Miring

Persamaan yang berlaku menurut jurnal “ Center of Gravity and Steering Dynamics of a Vehicle, Universitas Indonesia tahun 2012, dengan mengasumsikan kendaraan berada pada bidang miring dengan sudut ($\theta = 20^\circ$) bergerak menanjak. yaitu:

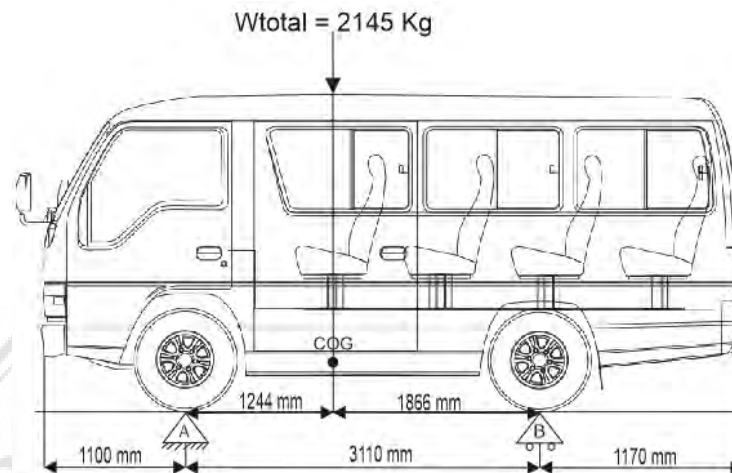
$$h = \frac{F_{z,f} (R_{Roda} \sin \theta + a \cos \theta) + F_{z,r} (R_{Roda} \sin \theta - b \cos \theta)}{m \cdot g \cdot \sin \theta}$$

$$h = \frac{1287 (0,37 \times \sin 20 + 1,244 \times \cos 20) + 858 (0,37 \times \sin 20 - 1,866 \cos 20)}{2145 \times 9,81 \times \sin 20}$$

$$h = \frac{1287 (1,295) + 858 (-1,628)}{7154,433} = 0,37 \text{ m}$$

3.1.2. Beban Kendaraan

Menghitung gaya atau beban kendaraan yang dihasilkan pada bagian roda depan dan roda belakang, dengan menggunakan persamaan $\Sigma M = 0$, maka akan diperoleh RA sebagai gaya yang dihasilkan pada roda bagian depan dan RB sebagai gaya yang dihasilkan pada roda bagian belakang.



Gambar 3.4. Beban Tumpu Roda Kendaraan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W_{total} \times 1,244 \text{ m} - RB \times 3,11 = 0$$

$$2145 \text{ Kg} \times 1,244 \text{ m} - RB \times 3,11 = 0$$

$$RB = \frac{2668,38}{3,11} = 858 \text{ Kg}$$

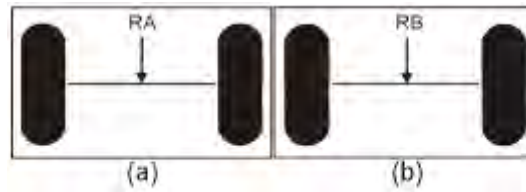
$$\Sigma M_B = 0$$

$$RA \times 3,11 \text{ m} - W_{total} \times 1,866 \text{ m} = 0$$

$$RA \times 3,11 \text{ m} - 2145 \text{ Kg} \times 1,866 \text{ m} = 0$$

$$RA = \frac{4002,57}{3,11} = 1287 \text{ Kg}$$

Pengecekan hasil sesuai atau tidak didalam perhitungan yaitu $RA + RB = W_{total}$, dikarenakan beban yang terjadi pada roda kendaraan maka hasil dari perhitungan RA dan RB dibagi merata pada kedua roda depan (P1) dan roda belakang (P2) kendaraan.



Gambar 3.5. (a) Penampang Roda Depan, (b) Penampang Roda Belakang

Dilihat dari gambar 3.5, terlihat letak RA dan RB berada tepat pada tengah poros roda masing-masing, sehingga gaya yang terjadi dibagi menjadi dua dan dapat diperoleh besar gaya yang terjadi pada tiap roda sebagai berikut:

$$\frac{1}{2} RA = \text{Gaya pada masing-masing roda depan}$$

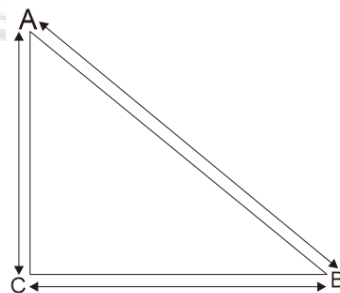
$$\frac{1}{2} 1287 \text{ Kg} = 643,5 \text{ Kg}$$

$$\frac{1}{2} RB = \text{Gaya pada masing-masing roda belakang}$$

$$\frac{1}{2} 858 \text{ Kg} = 429 \text{ Kg}$$

3.2. Perhitungan Momen

Untuk mencari ukuran panjang dari rangka silang (X) dengan ketentuan tinggi maksimal sebesar 1,8 m dan pelebaran jarak sebesar 2,2 m, maka dapat kita ketahui ukuran panjang rangka silang (X) dengan menggunakan rumus segitiga ABC atau biasa disebut dengan rumus *pythagoras*.



Gambar 3.6. Segitiga A B C

Diketahui:

AC = Tinggi angkat maksimum = 1,8 m

CB = Lebar jarak angkat = 2.2 m

Penyelesaian secara rumus *pythagoras* untuk mencari panjang sisi AB,

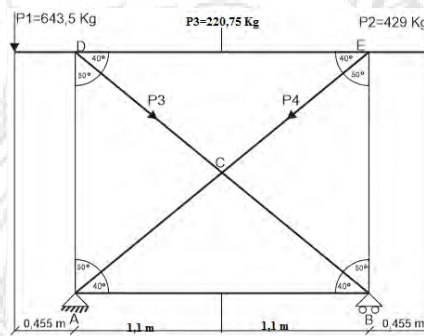
$$AB^2 = AC^2 + CB^2$$

$$AB = \sqrt[2]{8,08} = 2.8 \text{ m}$$

Untuk menghitung momen yang terjadi pada perancangan alat ini, percobaan perhitungan dimulai dari tinggi angkat maksimal 1,8 m dan dengan pelebaran jarak sebesar 2,2 m hingga percobaan perhitungan sampai dengan tinggi 0 m dengan pelebaran jarak 2,8 m agar mendapatkan hasil perhitungan beban yang terberat dan akurat serta menambahkan beban P3 (*mainpart*) sesuai hasil perhitungan sebesar 220,75 Kg (lihat halaman 52).

• Percobaan 1

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 1,8 m dengan pelebaran jarak 2,2 m.



Gambar 3.7. Beban Pada Ketinggian 1,8 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P1 \times 0,455 + P3 \times 1,1 - RE \times 2,2 + P2 \times 2,655 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,1 - RE \times 2,2 + 429 \times 2,655 = 0$$

$$- 292,7925 + 242,825 - RE \times 2,2 + 1138,995 = 0$$

$$RE = \frac{1089,0275}{2,2} = 495,0125 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P1 \times 2,655 + RD \times 2,2 - P3 \times 1,1 + P2 \times 0,455 = 0$$

$$- 643,5 \times 2,655 + RD \times 2,2 - 220,75 \times 1,1 + 429 \times 0,455 = 0$$

$$- 1708,4925 + RD \times 2,2 - 242,825 + 195,195 = 0$$

$$RD = \frac{1756,1225}{2,2} = 798,2375 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P1 + P2 + P3$$

$$798,2375 + 495,0125 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.7. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P3}$$

$$P3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P3 = \frac{798,2375}{\cos 40^\circ} = 1042,025 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P4}$$

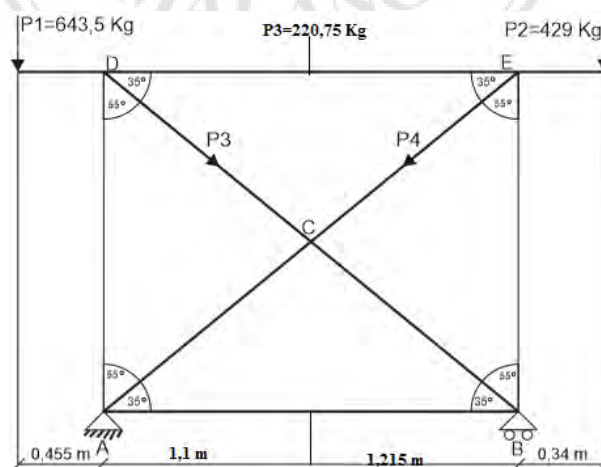
$$P4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P4 = \frac{495,0125}{\cos 40^\circ} = 646,19 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 1042,025 Kg sedangkan P4 sebesar 646,19 Kg dengan ketinggian alat sebesar 1,8 m.

• Percobaan 2

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 1,575 m dengan perlebaran jarak 2,315 m.



Gambar 3.8. Beban Pada Ketinggian 1,575 m.

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P_1 \times 0,455 + P_3 \times 1,1 - RE \times 2,315 + P_2 \times 2,655 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,1 - RE \times 2,315 + 429 \times 2,655 = 0$$

$$- 292,7925 + 242,825 - RE \times 2,315 + 1138,995 = 0$$

$$RE = \frac{1089,0275}{2,315} = 470,422 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P_1 \times 2,77 + RD \times 2,315 - P_3 \times 1,215 + P_2 \times 0,34 = 0$$

$$- 643,5 \times 2,77 + RD \times 2,315 - 220,75 \times 1,215 + 429 \times 0,34 = 0$$

$$- 1782,495 + RD \times 2,315 - 268,21125 + 145,86 = 0$$

$$RD = \frac{1904,84625}{2,315} = 822,828 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P_1 + P_2 + P_3$$

$$822,828 + 470,422 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.8. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P_3}$$

$$P_3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P_3 = \frac{822,828}{\cos 35^\circ} = 1004,49 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P_4}$$

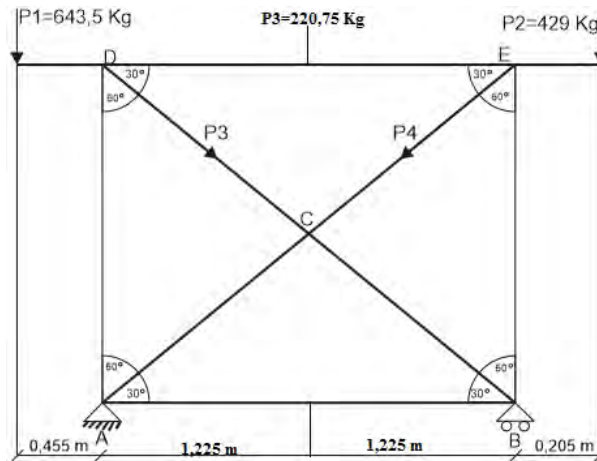
$$P_4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P_4 = \frac{470,422}{\cos 35^\circ} = 574,28 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 1004,49 Kg sedangkan P4 sebesar 574,28 Kg dengan ketinggian alat sebesar 1,575 m.

• Percobaan 3

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 1,35 m dengan perlebaran jarak 2,45 m.



Gambar 3.9. Beban Pada Ketinggian 1,35 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P_1 \times 0,455 + P_3 \times 1,225 - R_E \times 2,45 + P_2 \times 2,655 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,225 - R_E \times 2,45 + 429 \times 2,655 = 0$$

$$- 292,7925 + 270,41875 - R_E \times 2,45 + 1138,995 = 0$$

$$R_E = \frac{1116,62125}{2,45} = 455,764 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P_1 \times 2,905 + R_D \times 2,45 - P_3 \times 1,225 + P_2 \times 0,205 = 0$$

$$- 643,5 \times 2,905 + R_D \times 2,45 - 220,75 \times 1,225 + 429 \times 0,205 = 0$$

$$- 1869,3675 + R_D \times 2,45 - 270,41875 + 87,945 = 0$$

$$R_D = \frac{2051,84125}{2,45} = 837,486 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$R_D + R_E = P_1 + P_2 + P_3$$

$$837,486 + 455,764 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.9. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P3}$$

$$P3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P3 = \frac{837,486}{\cos 30^\circ} = 967,045 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P4}$$

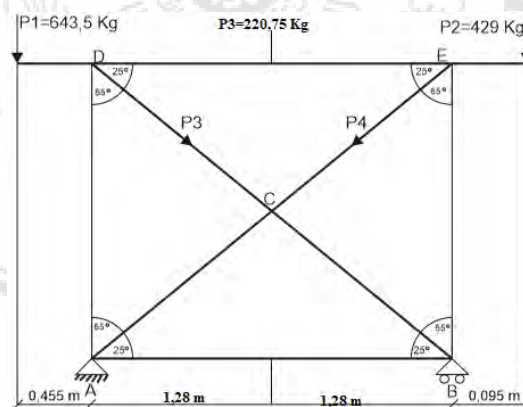
$$P4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P4 = \frac{455,764}{\cos 30^\circ} = 526,27 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 967,045 Kg sedangkan P4 sebesar 526,27 Kg dengan ketinggian alat sebesar 1,35 m.

- Percobaan 4

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 1,125 m dengan perlebaran jarak 2,56 m.



Gambar 3.10. Beban Pada Ketinggian 1,125 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P1 \times 0,455 + P3 \times 1,28 - RE \times 2,56 + P2 \times 2,655 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,28 - RE \times 2,56 + 429 \times 2,655 = 0$$

$$- 292,7925 + 282,56 - RE \times 2,56 + 1138,995 = 0$$

$$RE = \frac{1128,7625}{2,56} = 440,923 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P_1 \times 3,015 + RD \times 2,56 - P_3 \times 1,28 + P_2 \times 0,095 = 0$$

$$- 643,5 \times 3,015 + RD \times 2,56 - 220,75 \times 1,28 + 429 \times 0,095 = 0$$

$$- 1940,1525 + RD \times 2,56 - 282,56 + 40,756 = 0$$

$$RD = \frac{2181,9565}{2,56} = 852,327 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P_1 + P_2 + P_3$$

$$852,327 + 440,923 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.10. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P_3}$$

$$P_3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P_3 = \frac{852,327}{\cos 25^\circ} = 940,44 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P_4}$$

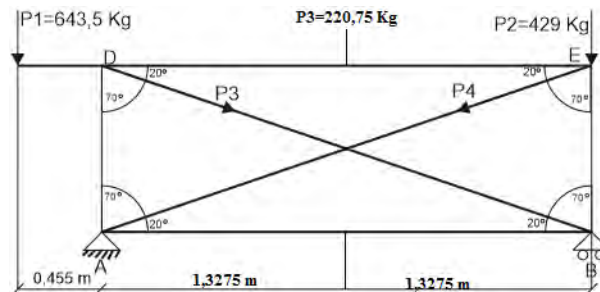
$$P_4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P_4 = \frac{440,923}{\cos 25^\circ} = 486,5 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 940,44 Kg sedangkan P4 sebesar 486,5 Kg dengan ketinggian alat sebesar 1,125 m.

- **Percobaan 5**

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 0,9 m dengan perlebaran jarak 2,655 m.



Gambar 3.11. Beban Pada Ketinggian 0,9 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P1 \times 0,455 + P3 \times 1,3275 - RE \times 2,655 + P2 \times 2,655 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,3275 - RE \times 2,655 + 429 \times 2,655 = 0$$

$$- 292,7925 + 293,045625 - RE \times 2,655 + 1138,995 = 0$$

$$RE = \frac{1139,248125}{2,655} = 429,095 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P1 \times 3,11 + RD \times 2,655 - P3 \times 1,3275 + P2 \times 0 = 0$$

$$- 643,5 \times 3,11 + RD \times 2,655 - 220,75 \times 1,3275 + 429 \times 0 = 0$$

$$- 2001,285 + RD \times 2,655 - 293,045625 = 0$$

$$RD = \frac{2294,330625}{2,655} = 864,155 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P1 + P2 + P3$$

$$864,155 + 429,095 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.11. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P_3}$$

$$P_3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P_3 = \frac{864,155}{\cos 20^\circ} = 919,61 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P_4}$$

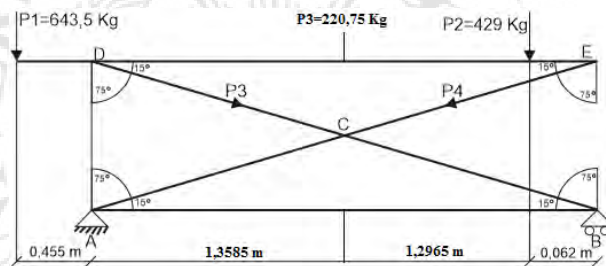
$$P_4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P_4 = \frac{429,095}{\cos 20^\circ} = 456,63 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 919,61 Kg sedangkan P4 sebesar 456,63 Kg dengan ketinggian alat sebesar 0,9 m.

• Percobaan 6

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 0,675 m dengan perlebaran jarak 2,717 m.



Gambar 3.12. Beban Pada Ketinggian 0,675 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P_1 \times 0,455 + P_3 \times 1,3585 + P_2 \times 2,655 - RE \times 2,717 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,3585 + 429 \times 2,655 - RE \times 2,717 = 0$$

$$- 292,7925 + 299,888875 + 1138,995 - RE \times 2,717 = 0$$

$$RE = \frac{1146,091375}{2,717} = 421,822 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P_1 \times 3,172 + RD \times 2,717 - P_3 \times 1,3585 - P_2 \times 0,062 = 0$$

$$- 643,5 \times 3,172 + RD \times 2,717 - 220,75 \times 1,3585 - 429 \times 0,062 = 0$$

$$- 2041,182 + RD \times 2,717 - 299,888875 - 26,598 = 0$$

$$RD = \frac{2367,668875}{2,717} = 871,428 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P1 + P2 + P3$$

$$871,428 + 421,822 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.12. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P3}$$

$$P3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P3 = \frac{871,428}{\cos 15^\circ} = 902,17 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P4}$$

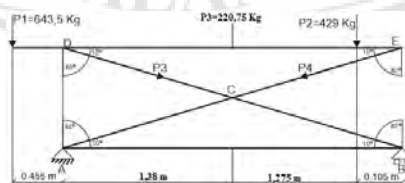
$$P4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P4 = \frac{421,822}{\cos 15^\circ} = 436,7 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 902,17 Kg sedangkan P4 sebesar 436,7 Kg dengan ketinggian alat sebesar 0,675 m.

• Percobaan 7

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 0,45 m dengan perlebaran jarak 2,76 m.



Gambar 3.13. Beban Pada Ketinggian 0,45 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P1 \times 0,455 + P3 \times 1,38 + P2 \times 2,655 - RE \times 2,76 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,38 + 429 \times 2,655 - RE \times 2,76 = 0$$

$$- 292,7925 + 304,635 + 1138,995 - RE \times 2,76 = 0$$

$$RE = \frac{1150,8375}{2,76} = 416,97 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P_1 \times 3,215 + RD \times 2,76 - P_3 \times 1,38 - P_2 \times 0,105 = 0$$

$$- 643,5 \times 3,215 + RD \times 2,76 - 220,75 \times 1,38 - 429 \times 0,105 = 0$$

$$- 2068,8525 + RD \times 2,76 - 304,635 - 45,045 = 0$$

$$RD = \frac{2418,5325}{2,76} = 876,28 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P_1 + P_2 + P_3$$

$$876,28 + 416,97 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.13. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P_3}$$

$$P_3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P_3 = \frac{876,28}{\cos 10^\circ} = 889,8 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P_4}$$

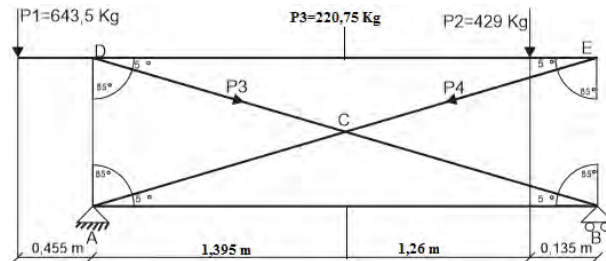
$$P_4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P_4 = \frac{416,97}{\cos 10^\circ} = 423,4 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 889,8 Kg sedangkan P4 sebesar 423,4 Kg dengan ketinggian alat sebesar 0,45 m.

- Percobaan 8

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 0,225 m dengan perlebaran jarak 2,79 m.



Gambar 3.14. Beban Pada Ketinggian 0,225 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P_1 \times 0,455 + P_3 \times 1,395 + P_2 \times 2,655 - R_E \times 2,79 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 220,75 \times 1,395 + 429 \times 2,655 - R_E \times 2,79 = 0$$

$$- 292,7925 + 307,94625 + 1138,995 - R_E \times 2,79 = 0$$

$$R_E = \frac{1154,14875}{2,79} = 413,67 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P_1 \times 3,245 + R_D \times 2,79 - P_3 \times 1,395 - P_2 \times 0,135 = 0$$

$$- 643,5 \times 3,245 + R_D \times 2,79 - 220,75 \times 1,395 - 429 \times 0,135 = 0$$

$$- 2088,1575 + R_D \times 2,79 - 307,94625 - 57,915 = 0$$

$$R_D = \frac{2454,01875}{2,79} = 879,58 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$R_D + R_E = P_1 + P_2 + P_3$$

$$879,58 + 413,67 = 643,5 + 429 + 220,75$$

$$1293,25 = 1293,25$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.14. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P3}$$

$$P3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P3 = \frac{879,58}{\cos 5^\circ} = 882,94 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P4}$$

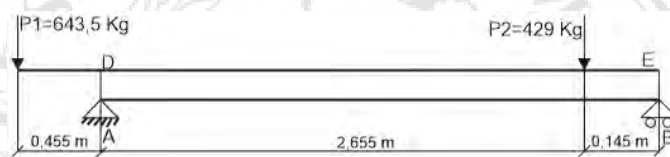
$$P4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P4 = \frac{413,67}{\cos 5^\circ} = 415,25 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 882,94 Kg sedangkan P4 sebesar 415,25 Kg dengan ketinggian alat sebesar 0,225 m.

• Percobaan 9

Perhitungan momen yang terjadi pada tinggi 0 m dengan perlebaran jarak 2,8 m.



Gambar 3.15. Beban Pada Ketinggian 0 m

$$\Sigma M_D = 0$$

$$- P1 \times 0,455 + P2 \times 2,655 - RE \times 2,8 = 0$$

$$- 643,5 \times 0,455 + 429 \times 2,655 - RE \times 2,8 = 0$$

$$- 292,7925 + 1138,995 - RE \times 2,8 = 0$$

$$RE = \frac{846,2025}{2,8} = 302,22 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$- P1 \times 3,255 + RD \times 2,8 - P2 \times 0,145 = 0$$

$$- 643,5 \times 3,255 + RD \times 2,8 - 429 \times 0,145 = 0$$

$$- 2094,5925 + RD \times 2,8 - 62,205 = 0$$

$$RD = \frac{2156,7975}{2,8} = 770,28 \text{ Kg}$$

Kemudian, di cek hasil perhitungan sesuai atau tidak sebagai berikut:

$$RD + RE = P1 + P2$$

$$770,28 + 302,22 = 643,5 + 429$$

$$1072,5 = 1072,5$$

Menentukan gaya yang terjadi pada setiap batang rangka silang (X), mencari besarnya gaya P3 dan P4 seperti pada gambar 3.15. dengan cara sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{RD}{P3}$$

$$P3 = \frac{RD}{\cos \theta},$$

$$P3 = \frac{770,28}{\cos 0^\circ} = 770,28 \text{ Kg}$$

$$\cos \theta = \frac{RE}{P4}$$

$$P4 = \frac{RE}{\cos \theta},$$

$$P4 = \frac{302,22}{\cos 0^\circ} = 302,22 \text{ Kg}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada P3 sebesar 770,28 Kg sedangkan P4 sebesar 302,22 Kg dengan ketinggian alat sebesar 0 m.

Dari hasil percobaan-percobaan diatas dapat dibuatkan tabel hasil perhitungan sebagai berikut:

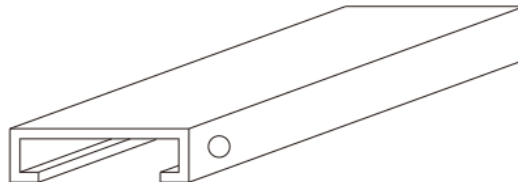
Tabel 3.2. Hasil Perhitungan Percobaan

PERCOBAAN		RD (Kg)	RE (Kg)	GAYA PADA BATANG (Kg)			
No	Tinggi (m)			P1	P2	P3	P4
1	1,8	798,2375	495,0125	643,5	429	1042,025	646,19
2	1,575	822,828	470,422	643,5	429	1004,49	574,28
3	1,35	837,486	455,764	643,5	429	967,045	526,27
4	1,125	852,327	440,923	643,5	429	940,44	486,5
5	0,9	864,155	429,095	643,5	429	919,61	456,63
6	0,675	871,428	421,822	643,5	429	902,17	436,7
7	0,45	876,28	416,97	643,5	429	889,8	423,4
8	0,225	879,58	413,67	643,5	429	882,94	415,25
9	0	770,28	302,22	643,5	429	770,28	302,22

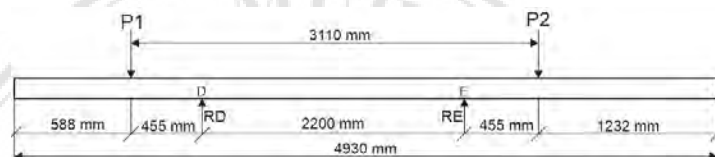
3.3. Perancangan Alat

3.3.1. Perancangan Rangka Atas (*Main Part*)

Untuk mempermudah pencarian material yang digunakan dan menjadi referensi dapat ditinjau dengan jenis material yang berada dipasaran serta sesuai dengan standarisasi, maka dipilih profil bentuk C dengan dimensi 4930 x 555 x 8 mm.



Gambar 3.16. Rancangan Model Rangka Atas

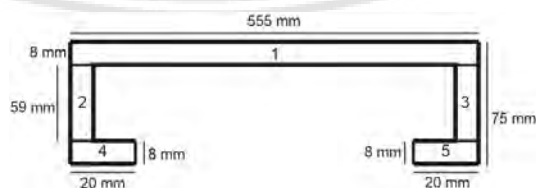


Gambar 3.17. Moment Pada Rangka Atas

$$\begin{aligned} M_D &= P_1 \times 455 \\ &= 643,5 \times 455 = 292792,5 \text{ Kg.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_E &= P_2 \times 455 \\ &= 429 \times 455 = 195195 \text{ Kg.mm} \end{aligned}$$

Menghitung momen inersia pada profil yang akan dipakai untuk menentukan kekuatan dari bahan dengan rumus inersia sebagai berikut:



Gambar 3.18. Penampang Profil C Rangka Atas

$$\begin{aligned} I_{x1} &= \frac{b \times h^3}{12} \\ &= \frac{555 \times 8^3}{12} = 23680 \text{ mm}^3 \\ I_{x2} &= \frac{b \times h^3}{12} \\ &= \frac{8 \times 59^3}{12} = 136919,33 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$I_{x3} = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$= \frac{8 \times 59^3}{12} = 136919,33 \text{ mm}^3$$

$$I_{x4} = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$= \frac{20 \times 8^3}{12} = 853,33 \text{ mm}^3$$

$$I_{x5} = \frac{b \times h^3}{12}$$

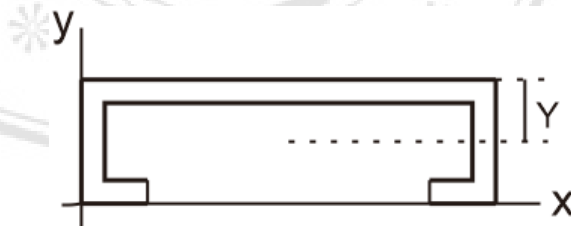
$$= \frac{20 \times 8^3}{12} = 853,33 \text{ mm}^3$$

$$I_{\text{total}} = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5}$$

$$= 23680 + 136919,33 + 136919,33 + 853,33 + 853,33$$

$$= 299225,32 \text{ mm}^3$$

Bahan yang digunakan dalam perancangan rangka atas menggunakan baja ASTM A36, spesifikasi bersumber dari http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html, dengan massa jenis $7,85 \text{ g/cm}^3$, *young modulus* (E) sebesar $200 \times 10^9 \text{ N/m GPa}$, ultimate tensile strength sebesar $400 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, yield strength sebesar $250 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, σ_{ijin} sebesar 20 kg, sehingga didapat tegangan yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 3.19. Titik Berat Y Pada Profil Rangka Atas

$$y = \frac{(A_1 \times Y_1) + (A_2 \times Y_2) + (A_3 \times Y_3) + (A_4 \times Y_4) + (A_5 \times Y_5)}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}$$

$$= \frac{(20 \times 8 \times 8) + (8 \times 67 \times 67) + (539 \times 8 \times 8) + (8 \times 67 \times 67) + (20 \times 8 \times 8)}{(20 \times 8) + (8 \times 67) + (539 \times 8) + (8 \times 67) + (20 \times 8)}$$

$$= \frac{108880}{5704} = 19 \text{ mm}$$

$$Y = 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} = 56 \text{ mm}$$

$$W_x = \frac{I_{total}}{y}$$

$$= \frac{299225,32}{56} = 5343,309 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{Bahan} = \frac{M_D}{W_X}$$

$$= \frac{292792,5}{183300,095} = 1,597 \text{ Kg/mm}^2$$

σ_{Bahan} yang terjadi $< \sigma_{ijin}$ bahan maka, bahan yang digunakan aman.

Menghitung bobot pada rangka atas dapat dicari dengan volume bidang dilihat pada gambar 3.18 dan menggunakan cara sebagai berikut:

$$V_1 = p \times l \times t$$

$$= 4930 \times 555 \times 8 = 21889200 \text{ mm}^3 = 21889,2 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = p \times l \times t$$

$$= 4930 \times 59 \times 8 = 2326960 \text{ mm}^3 = 2326,96 \text{ cm}^3$$

$$V_3 = p \times l \times t$$

$$= 4930 \times 59 \times 8 = 2326960 \text{ mm}^3 = 2326,96 \text{ cm}^3$$

$$V_4 = p \times l \times t$$

$$= 4930 \times 20 \times 8 = 788800 \text{ mm}^3 = 788,8 \text{ cm}^3$$

$$V_5 = p \times l \times t$$

$$= 4930 \times 20 \times 8 = 788800 \text{ mm}^3 = 788,8 \text{ cm}^3$$

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

$$= 21889,2 + 2326,96 + 2326,96 + 788,8 + 788,8$$

$$= 28120,72 \text{ cm}^3$$

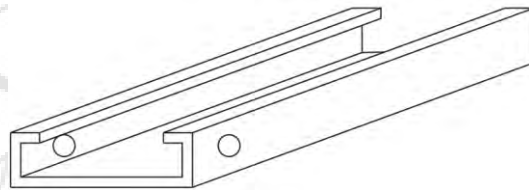
$$\text{Berat}_{total} = V_{total} \times \text{Berat}_{jenis}$$

$$= 28120,72 \times 7,85 = 220747,652 \text{ g}$$

$$= 220,75 \text{ Kg}$$

3.3.2. Perancangan Rangka Bawah (*Basement*)

Dikarenakan rangka bawah menempel dengan permukaan lantai (tanah) maka tidak terjadi momen pada rangka. Untuk mempermudah pencarian material yang digunakan, maka dipilih profil bentuk C dengan dimensi 4930 x 555 x 8 mm. Bahan yang digunakan dalam perancangan rangka bawah menggunakan baja ASTM A36, dengan massa jenis $7,85 \text{ g/cm}^3$, *young modulus* (E) sebesar $200 \times 10^9 \text{ N/m GPa}$, ultimate tensile strength sebesar $400 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, yield strength sebesar $250 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, σ_{ijin} sebesar 20 kg.



Gambar 3.20. Rancangan Model Rangka Bawah

Menghitung bobot pada rangka atas dapat dicari dengan volume bidang dilihat pada gambar 3.18 dan menggunakan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_1 &= p \times l \times t \\ &= 4930 \times 555 \times 8 = 21889200 \text{ mm}^3 = 21889,2 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= p \times l \times t \\ &= 4930 \times 59 \times 8 = 2326960 \text{ mm}^3 = 2326,96 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= p \times l \times t \\ &= 4930 \times 59 \times 8 = 2326960 \text{ mm}^3 = 2326,96 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_4 &= p \times l \times t \\ &= 4930 \times 20 \times 8 = 788800 \text{ mm}^3 = 788,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

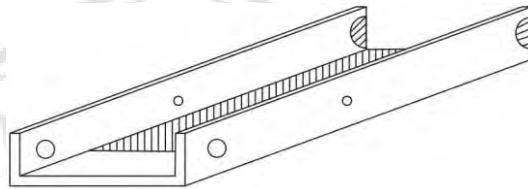
$$\begin{aligned} V_5 &= p \times l \times t \\ &= 4930 \times 20 \times 8 = 788800 \text{ mm}^3 = 788,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 \\ &= 21889,2 + 2326,96 + 2326,96 + 788,8 + 788,8 \\ &= 28120,72 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat}_{\text{total}} &= V_{\text{total}} \times \text{Berat}_{\text{jenis}} \\
 &= 28120,72 \times 7,85 = 220747,652 \text{ g} \\
 &= 220,75 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

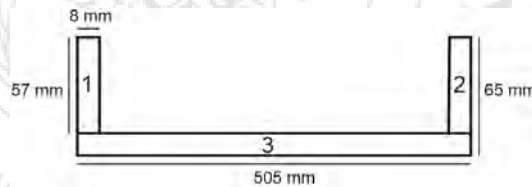
3.3.3. Perancangan Rangka Silang Bagian Luar (*Out Link*)

Untuk mempermudah pencarian material yang digunakan dan menjadi referensi dapat ditinjau dengan jenis material yang berada dipasaran serta sesuai dengan standarisasi, maka dipilih profil bentuk U dengan dimensi 2800 x 505 x 8 mm.



Gambar 3.21. Rancangan Model Rangka Silang Bagian Luar

Menghitung momen inersia pada profil yang akan dipakai untuk menentukan kekuatan dari bahan dengan rumus inersia sebagai berikut:

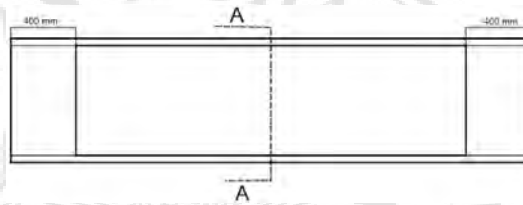


Gambar 3.22. Penampang Profil Rangka Silang Bagian Luar

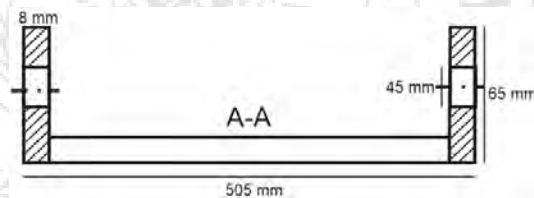
$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \frac{b \times h^3}{12} \\
 &= \frac{8 \times 57^3}{12} = 123462 \text{ mm}^3 \\
 I_{x2} &= \frac{b \times h^3}{12} \\
 &= \frac{8 \times 57^3}{12} = 123462 \text{ mm}^3 \\
 I_{x3} &= \frac{b \times h^3}{12} \\
 &= \frac{505 \times 8^3}{12} = 21546,66 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{total} &= I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} \\
 &= 123462 + 123462 + 21546,66 \\
 &= 268470,66 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Bahan yang digunakan dalam perancangan rangka atas menggunakan baja ASTM A36, spesifikasi bersumber dari http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html, dengan massa jenis $7,85 \text{ g/cm}^3$, *young modulus* (E) sebesar $200 \times 10^9 \text{ N/m GPa}$, ultimate tensile strength sebesar $400 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, yield strength sebesar $250 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, σ_{ijin} sebesar 20 kg, sehingga didapat tegangan yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 3.23. Tampak Atas Profil Rangka Silang Bagian Luar



Gambar 3.24. Perpotongan Bagian Tengah Rangka Silang Luar

Kekuatan tekan yang terjadi:

$$\sigma_{tekan} = \frac{F}{A} < [\sigma_{ijin}]$$

Dimana:

F = Gaya yang terjadi pada rangka silang bagian luar

A = Luasan perpotongan pada rangka silang bagian luar

Mencari luasan pada perpotongan rangka silang bagian luar:

$$A_1 = 65 \times 8 \times 2$$

$$= 1040 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \pi \times r^2 \times 2$$

$$= \pi \times 2,4^2 = 36,18 \text{ mm}^2$$

$$A = A_1 - A_2$$

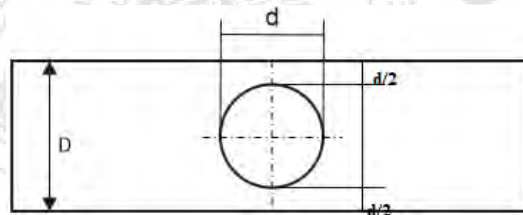
$$= 1040 - 36,18 = 1003,82 \text{ mm}^2$$

Kemudian mencari tegangan tekan yang terjadi pada rangka silang bagian luar yaitu:

$$\sigma_{\text{tekan}} = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{1042,025}{1003,82} = 1,038 \text{ Kg}$$

Untuk mengetahui σ_{tekan} yang terjadi masih aman terhadap $[\sigma_{ijin}]$, maka dapat dicari dengan faktor konsentrasi tegangan pada material yang akan digunakan:



Gambar 3.25. Kondisi Berlubang Pada Rangka Silang

Dimana:

$$D = 65 \text{ mm}, d = 45 \text{ mm}, r = 22,5 \text{ mm}$$

$$d/2 = 65 - 45 = 20 \text{ mm}$$

$$r/d = \frac{22,5}{20} = 1,125 \text{ mm}$$

Mengacu pada gambar grafik 2–20 pada buku Design Of Machine Element, M.F Spotts dapat diperoleh data sebagai berikut: $r/d = 1,0$ dan $K = 2,0$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{max}}{K}$$

Dimana:

K = Faktor konsentrasi tegangan

σ_{\max} = Tegangan maksimal material

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{\max}}{K} = \frac{40}{2,0} = 20 \text{ Kg/mm}^2$$

$\sigma_{\text{tekan}} < [\sigma_{ijin}]$, maka gaya tekan yang diterima batang masih aman.

Menghitung Buckling :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(K \cdot L)^2} \quad \text{Sumber: } \text{https://en.wikipedia.org/wiki/Buckling}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas bahan

K = Konstanta gaya tegak lurus terhadap batang yang dijepit

L = Panjang rangka silang bagian luar

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{\pi^2 \cdot E}{(K \cdot L)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 200 \times 10^7}{(2 \cdot 2800)^2} \\ &= \frac{1973,920}{15680000} = 6294,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Karena $F < F_{cr}$ maka gaya yang diterima batang masih aman.

Menghitung bobot pada rangka atas dapat dicari dengan volume bidang dilihat pada gambar 3.22 dan menggunakan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_1 &= p \times l \times t \\ &= 2800 \times 57 \times 8 = 1276800 \text{ mm}^3 = 1276,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= p \times l \times t \\ &= 2800 \times 57 \times 8 = 1276800 \text{ mm}^3 = 1276,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

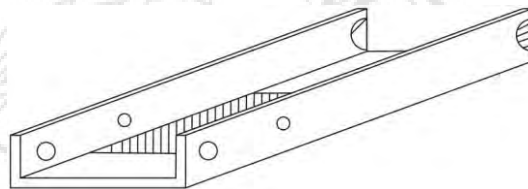
$$\begin{aligned} V_3 &= p \times l \times t \\ &= 2800 \times 505 \times 8 = 11312000 \text{ mm}^3 = 11312 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_1 + V_2 + V_3 \\
 &= 1276,8 + 1276,8 + 11312 \\
 &= 13865,6 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat}_{\text{total}} &= V_{\text{total}} \times \text{Berat}_{\text{jenis}} \\
 &= 13865,6 \times 7,85 = 108844,96 \text{ g} \\
 &= 108,845 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

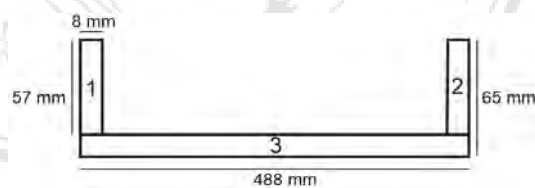
3.3.4. Perancangan Rangka Silang Bagian Dalam (*In Link*)

Untuk mempermudah pencarian material yang digunakan dan menjadi referensi dapat ditinjau dengan jenis material yang berada dipasaran serta sesuai dengan standarisasi, maka dipilih profil bentuk U dengan dimensi 2800 x 455 x 8 mm.



Gambar 3.26. Rancangan Model Rangka Silang Bagian Dalam

Menghitung momen inersia pada profil yang akan dipakai untuk menentukan kekuatan dari bahan dengan rumus inersia sebagai berikut:

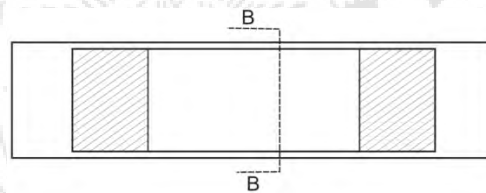


Gambar 3.27. Penampang Profil Rangka Silang Bagian Dalam

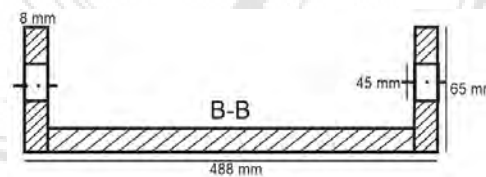
$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \frac{b \times h^3}{12} \\
 &= \frac{8 \times 57^3}{12} = 123462 \text{ mm}^3 \\
 I_{x2} &= \frac{b \times h^3}{12} \\
 &= \frac{8 \times 57^3}{12} = 123462 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{x3} &= \frac{b \times h^3}{12} \\
 &= \frac{488 \times 8^3}{12} = 20821,33 \text{ mm}^3 \\
 I_{total} &= I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} \\
 &= 123462 + 123462 + 20821,33 \\
 &= 267745,33 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Bahan yang digunakan dalam perancangan rangka atas menggunakan baja ASTM A36, spesifikasi bersumber dari http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html, dengan massa jenis $7,85 \text{ g/cm}^3$, *young modulus* (E) sebesar $200 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \text{ GPa}$, ultimate tensile strength sebesar $400 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, yield strength sebesar $250 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \text{ MPa}$, σ_{ijin} sebesar 20 kg, sehingga didapat tegangan yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 3.28. Tampak Atas Profil Rangka Silang Bagian Dalam



Gambar 3.29. Perpotongan Bagian Tengah Rangka Silang Dalam

Kekuatan tekan yang terjadi:

$$\sigma_{tekan} = \frac{F}{A} < [\sigma_{ijin}]$$

Dimana:

F = Gaya yang terjadi pada rangka silang bagian dalam

A = Luasan perpotongan pada rangka silang bagian dalam

Mencari luasan pada perpotongan rangka silang bagian dalam:

$$A_1 = 8 \times 65 \times 2 = 1040 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 472 \times 8 = 3776 \text{ mm}^2$$

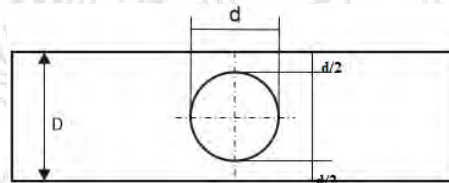
$$A_3 = \pi \times r^2 \times 2 = \pi \times 2,4^2 \times 2 = 72,36 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A &= A_1 + A_2 - A_3 \\ &= 1040 + 3776 - 72,36 \\ &= 4743,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kemudian mencari tegangan tekan yang terjadi pada rangka silang bagian luar yaitu:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tekan}} &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{646,19}{4743,64} \\ &= 0,136 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui σ_{tekan} yang terjadi masih aman terhadap $[\sigma_{ijin}]$, maka dapat dicari dengan faktor konsentrasi tegangan pada material yang akan digunakan:



Gambar 3.30. Kondisi Berlubang Pada Rangka Silang

Dimana:

$$D = 65 \text{ mm}, d = 45 \text{ mm}, r = 22,5 \text{ mm}$$

$$d/2 = 65 - 45 = 20 \text{ mm}$$

$$r/d = \frac{22,5}{20} = 1,125 \text{ mm}$$

Mengacu pada gambar grafik 2–20 pada buku Design Of Machine Element, M.F Spotts dapat diperoleh data sebagai berikut: $r/d = 1,0$ dan $K = 2,0$

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \frac{\sigma_{\max}}{K} \\ &= \frac{40}{2,0} = 20 \text{ Kg/mm}^2\end{aligned}$$

$\sigma_{\text{tekan}} < [\sigma_{ijin}]$, maka gaya tekan yang diterima batang masih aman.

Menghitung Buckling :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(K \cdot L)^2} \quad \text{Sumber: } \text{https://en.wikipedia.org/wiki/Buckling}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas bahan

K = Konstanta gaya tegak lurus terhadap batang yang dijepit

L = Panjang rangka silang bagian luar

$$\begin{aligned}F_{cr} &= \frac{\pi^2 \cdot E}{(K \cdot L)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 100 \times 10^7}{(2.2800)^2} \\ &= \frac{9,859 \times 10^{11}}{15680000} = 6294,5 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Karena $F < F_{cr}$ maka gaya yang diterima batang masih aman.

Menghitung bobot pada rangka atas dapat dicari dengan volume bidang dilihat pada gambar 3.27 dan menggunakan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V_1 &= p \times l \times t \\ &= 2800 \times 57 \times 8 = 1276800 \text{ mm}^3 = 1276,8 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_2 &= p \times l \times t \\ &= 2800 \times 57 \times 8 = 1276800 \text{ mm}^3 = 1276,8 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

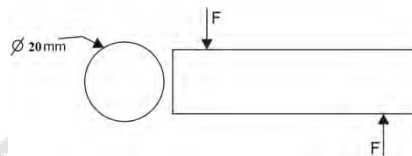
$$\begin{aligned}V_3 &= p \times l \times t \\ &= 2800 \times 488 \times 8 = 10931200 \text{ mm}^3 = 10931,2 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{total}} &= V_1 + V_2 + V_3 \\ &= 1276,8 + 1276,8 + 10931,2 \\ &= 13484,8 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat}_{\text{total}} &= V_{\text{total}} \times \text{Berat}_{\text{jenis}} \\
 &= 13484,8 \times 7,85 = 105855,68 \text{ g. cm}^3 \\
 &= 105,855 \text{ Kg. cm}^3
 \end{aligned}$$

3.3.5. Poros Engsel (Pin)

Material yang digunakan pada poros bagian atas (pin atas) profil konstruksi baja paduan yaitu baja khorm nikel JIS G 4102 (SNC 2) dengan tegangan tarik sebesar 85 Kg/mm^2 (dilihat pada tabel 2.3).



Gambar 3.31. Dimensi Poros Engsel Bagian Atas

$$\begin{aligned}
 \tau_{geser} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{P}{\frac{1}{4}\pi d^2} \\
 &= \frac{770,28}{\frac{1}{4}\pi 20^2} = 2,45 \text{ Kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan $\tau_{g \text{ ijin}}$ dengan cara sebagai berikut:

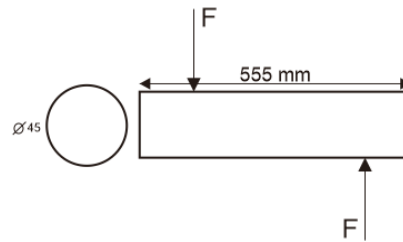
$$\tau_{g \text{ ijin}} = 0,5 \times \tau_{t \text{ ijin}}, \text{ dimana;}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{t \text{ ijin}} &= \frac{\tau_{tarik}}{Sf}, \quad Sf = 6 \text{ (Sularso, Hal-8)} \\
 &= \frac{85 \text{ Kg}}{6} = 14,16 \text{ Kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\tau_{g \text{ ijin}} = 0,5 \times \tau_{t \text{ ijin}} = 0,5 \times 14,16 = 7,08 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena $\tau_{geser} < \tau_{g \text{ ijin}}$ maka desain aman.

Material yang digunakan pada poros bagian tengah (pin tengah) profil konstruksi baja paduan yaitu baja khorm nikel JIS G 4102 (SNC 2) dengan tegangan tarik sebesar 85 Kg/mm^2 (dilihat pada tabel 2.3).



Gambar 3.32. Dimensi Poros Engsel Bagian Tengah

$$\begin{aligned}
 \tau_{geser} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{P}{\frac{1}{4}\pi d^2} \\
 &= \frac{897,94}{\frac{1}{4}\pi 45^2} = 5,87 \text{ Kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan $\tau_{g \text{ ijin}}$ dengan cara sebagai berikut:

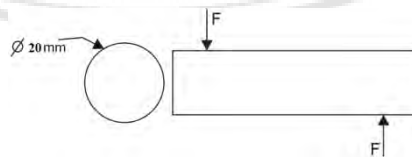
$\tau_{g \text{ ijin}} = 0,5 \times \tau_{t \text{ ijin}}$, dimana;

$$\begin{aligned}
 \tau_{t \text{ ijin}} &= \frac{\tau_{tarik}}{Sf}, \quad Sf = 6 \text{ (Sularso, Hal-8)} \\
 &= \frac{85 \text{ Kg}}{6} = 14,16 \text{ Kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\tau_{g \text{ ijin}} = 0,5 \times \tau_{t \text{ ijin}} = 0,5 \times 14,16 = 7,08 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena $\tau_{geser} < \tau_{g \text{ ijin}}$ maka desain aman.

Menghitung beban pada poros bantalan yang digunakan dalam perancangan sesuai dengan diameter dalam bantalan yaitu sebesar 20 mm.



Gambar 3.33. Poros Bantalan

Material yang digunakan pada poros bantalan profil konstruksi baja paduan yaitu baja khorm nikel JIS G 4102 (SNC 2) dengan tegangan tarik sebesar 85 Kg/mm² (dilihat pada tabel 2.3).

$$\tau_{geser} = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{897,94}{\frac{1}{4}\pi 20^2} = 2,86 \text{ Kg/mm}^2$$

Menentukan $\tau_{g \text{ ijin}}$ dengan cara sebagai berikut:

$\tau_{g \text{ ijin}} = 0,5 \times \tau_{t \text{ ijin}}$, dimana;

$$\tau_{t \text{ ijin}} = \frac{\tau_{tarik}}{Sf}, \quad Sf = 6 \text{ (Sularso, Hal-8)}$$

$$= \frac{85 \text{ Kg}}{6} = 14,16 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\tau_{g \text{ ijin}} = 0,5 \times \tau_{t \text{ ijin}}$$

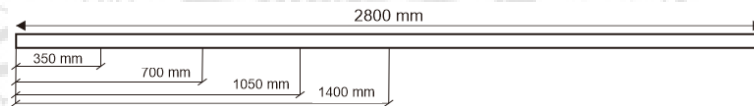
$$= 0,5 \times 14,16$$

$$= 7,08 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena $\tau_{geser} < \tau_{g \text{ ijin}}$ maka desain aman.

3.3.6. Hidrolik (*Hydraulic*)

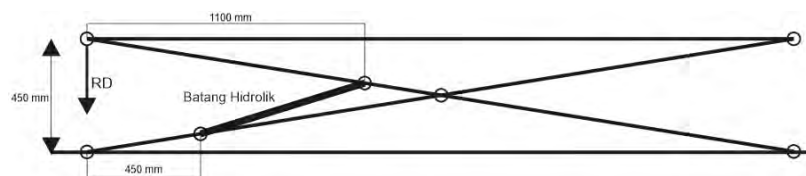
Menentukan letak penempatan hidrolik yang akan dipakai didalam alat rancangan, dilihat dari beban yang diterima pada alat rancangan kemudian hidrolik ditaruh diposisi depan rangka silang alat rancangan untuk mengurangi beban yang diterima.



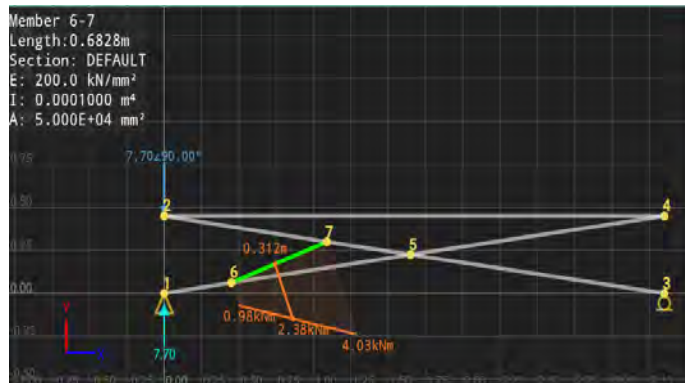
Gambar 3.34. Jarak Rencana Penempatan Hidrolik

Penempatan hidrolik yang dipilih yaitu diantara jarak 700 mm sampai dengan 1050 mm, dan dengan menggunakan program, maka dapat dilakukan sebuah percobaan penempatan hidrolik pada rangka batang:

• Percobaan 1



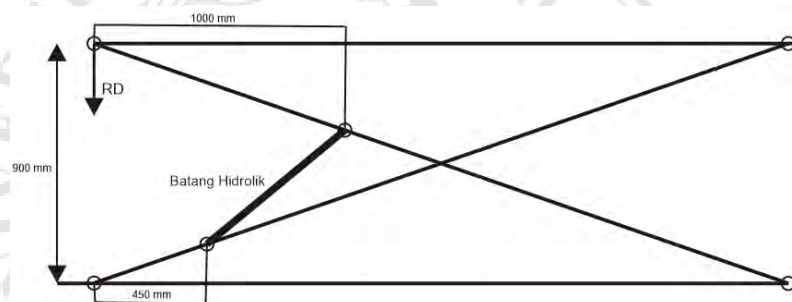
Gambar 3.35. Dimensi Percobaan 1 Penempatan Hidrolik



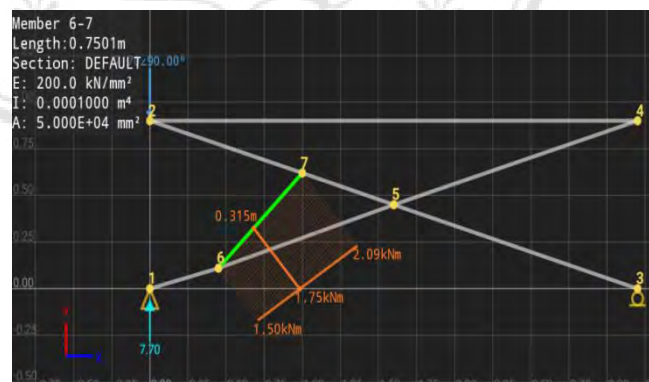
Gambar 3.36. Hasil Percobaan Hidrolik Tinggi 0,45 m

Dapat dilihat dari gambar 3.35 hasil dari percobaan, beban yang terjadi pada batang yang berwarna hijau merupakan batang hidrolik dan beban yang diterima batang sebesar 4,03 kN sama dengan 410,95 Kg.

- **Percobaan 2**



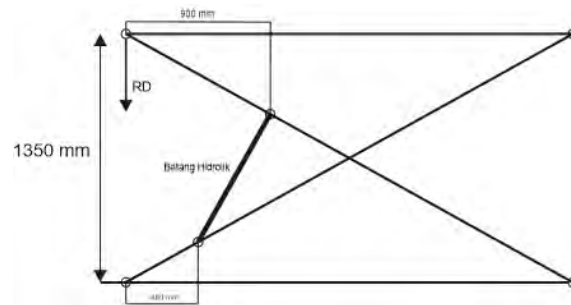
Gambar 3.37. Dimensi Percobaan 2 Penempatan Hidrolik



Gambar 3.38. Hasil Percobaan Hidrolik Tinggi 0,9 m

Dapat dilihat dari gambar 3.37 hasil dari percobaan, beban yang terjadi pada batang yang berwarna hijau merupakan batang hidrolik dan beban yang diterima batang sebesar 2,09 kN sama dengan 213,12 Kg.

- **Percobaan 3**



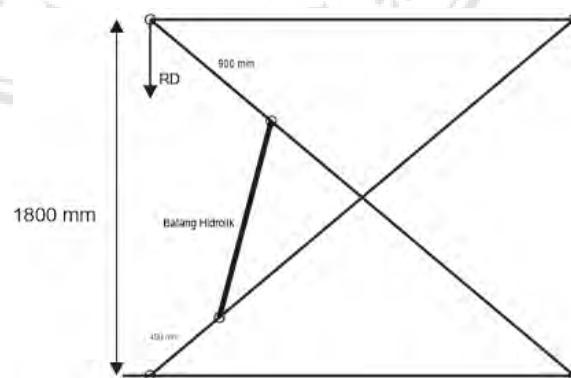
Gambar 3.39. Dimensi Percobaan 3 Penempatan Hidrolik



Gambar 3.40. Hasil Percobaan Hidrolik Tinggi Angkat 1,35 m

Dapat dilihat dari gambar 3.39 hasil dari percobaan, beban yang terjadi pada batang yang berwarna hijau merupakan batang hidrolik dan beban yang diterima batang sebesar 1,41 kN sama dengan 143,78 Kg.

- **Percobaan 4**



Gambar 3.41. Dimensi Percobaan 4 Penempatan Hidrolik



Gambar 3.42. Hasil Percobaan Hidrolik Tinggi Angkat 1,8 m

Dapat dilihat dari gambar 3.39 hasil dari percobaan, beban yang terjadi pada batang yang berwarna hijau merupakan batang hidrolik dan beban yang diterima batang sebesar 1,23 kN sama dengan 125,43 Kg.

Kemudian menentukan hidrolik yang akan dipakai didalam perancangan dengan beban terbesar pada batang hidrolik sebesar 4,03 kN, untuk hidrolik yang dipakai menggunakan *type hydraulic silinder*, JIS series CH2E CA 100 B A E, dengan spesifikasi sebagai berikut:

JIS = Standarisasi Jepang

CH2E = Series, E = Aluminium Alloy : 3,5 MPa

CA = Single Clevis Type

100 = Bore Size (mm)

B = Rod Size (M48 x 1,5)

Silinder Stroke Up to 1400 mm.

A = With Rod and Nut

E = Top Cushion Valve Button

Mencari tekanan yang terjadi pada batang hidrolik dengan cara perbandingan antara gaya angkat hidrolik dengan beban tekan pada batang hidrolik yaitu sebagai berikut:

$$F_{Hidrolik} = P \times A$$

Dimana:

P = Tekanan batang hidrolik

A = Luasan torak hidrolik sesuai data spesifikasi

$$F_{Hidrolik} = P \times A$$

$$= 3,5 \text{ Mpa} \times 7850 \text{ mm}^2 = 27,475 \text{ N}$$

Sedangkan beban yang terjadi pada batang hidrolik;

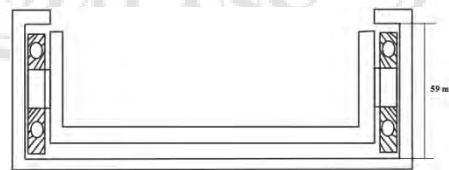
$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4,03}{7850} = 0,513 \text{ MPa}$$

Gaya tekan dari atas kearah batang hidrolik < gaya dorong keatas batang hidrolik, maka hspesifikasi hidrolik yang digunakan sesuai.

3.3.7. Bantalan Gelinding

Pemilihan bantalan gelinding (*bearing*) yang akan dipakai sebagai roller bergerak rangka silang bagian belakang dapat dilihat dari gaya terbesar yang terjadi yaitu 897,94 Kg, kemudian mencari data *bearing* yang sesuai desain rel bantalan menggunakan nomer seri 30304 jenis bantalan rol kerucut, diperoleh data speseifikasi sebagai berikut: (lihat pada Tabel 4.15, Sularso hal-144)

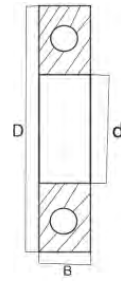


Gambar 3.43. Letak Posisi Bantalan Gelinding (*Bearing*)

$$D = 52 \text{ mm}, d = 20 \text{ mm}, B = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Kapasitas Dinamis (C)} = 2490 \text{ Kg}$$

$$\text{Kapasitas Statis (C}_o\text{)} = 1670 \text{ Kg}$$



Gambar 3.44. Bantalan Gelinding

Menghitung batas normal gaya static yang terjadi pada bantalan gelinding dengan cara:

$$\begin{aligned}
 C_o &= P_o \times F_s \\
 &= 897,94 \times 1 \\
 &= 897,94 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Karena C_o beban yang terjadi < dari C_o ijin bantalan yang dipilih, maka pemilihan bantalan aman.